BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Memasuki era revolusi industri 4.0 muncul konsep pendidikan menekankan integrasi teknologi, perluasan akses dan peningkatan mutu pembelajaran guna mencapai standar global. Hal ini menurut sistem pendidikan di Indonesia untuk membekalli peserta didik dengan keterampilan abad-21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, komunikasi dan pemecahan masalah (Adamsyah et al., 2024).

Keterampilan abad 21 diperlukan siswa untuk menjadi fondasi penting agar generasi muda mampu menghadapi perkembangan dunia yang sangat dinamis. Di antara pendekatan yang dianggap efektif dalam membangun keterampilan tersebut adalah STEM dan STEAM. STEM menekankan integrasi sains, teknologi,engineering,dan matematika, sementara STEAM menambah unsur arts sebagai penguat kreativitas, imajinasi,serta inovasi peserta didik (Agustina et al., 2019).

Studi atau penelitian mengenai pendekatan penerapan STEM,STEAM dan STREAM dalam pembelajaran sains.Tetapi hasilnya bervariasi sehingga diperlukan pengorganisasian data secara lebih sistematis melalui meta-analisis. Meta-analisis memungkinkan peneliti mengompilasi hasil studi sebelumnya, menilai besarnya pengrauh intervensi,serta menarik kesimpulan yang lebih objektif (Adamsyah et al., 2024).

Sebagai solusi inovatif, pembelajaran dengan konteks teknologi dan rancang bangun seperti menggunakan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) memiliki potensi yang besar untuk melatihkan literasi sains (Pratiwi, 2022). Penggunaan pendekatan pembelajaran STEM dalam pembelajaran biologi bertujuan untuk mendorong siswa untuk berperan aktif dan memikirkan permasalahan lingkungan sekitar alam. STEM dapat meningkatkan motivasi dan

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

aktivitas belajar siswa (Hi Sabtu & Nasir Tamalene, 2022). STEM memungkinkan koneksi antara penelitian ilmiah dengan mengajukan pertanyaan dan mendapatkan jawaban melalui penyelidikan yang dapat memberikan informasi peserta didik, dalam rangka untuk memecahkan masalah (Novianti et al., 2023). Berdasarkan latar belakang dan kajian sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah menganalisis efektivitas model pembelajaran dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran biologi (Sabina et al., 2025).

Berbagai penelitian empiris yang telah dilakukan oleh mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung (maupun studi luar) menunjukkan temuan yang bervariasi mengenai efektivitas STEM, STEAM, dan STREAM. Sebagian penelitian melaporkan peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar, namun sebagian lainnya menunjukkan dampak yang terbatas. Perbedaan ini dipengaruhi oleh variasi ukuran sampel, materi biologi yang diajarkan, serta instrumen penelitian (Isnaeni,2026)

Pendidikan STEM tidak hanya bermakna hanya penguatan praktis pendidikan dalam bidang STEM serta terpisah melainkan mengembangkan pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan sains, teknologi, engineering, dan matematika dengan memfokuskan proses pendidikan pada pemecahan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari maupun kehidupan profesi, dalam konteks pendidikan dasar dan menengah, pendidikan STEM bertujuan mengembangkan peserta didik yang melek STEM dan mempunyai sebagai berikut : Menurut (Juhariyyah et al., 2017) Pengetahuan sikap dan keterampilan untuk mengidentifikasi pertanyaan dan masalah dalam situasi kehidupannya, menjelaskan fenomena alam, mendesain serta menarik kesimpulan berdasar bukti mengenai isu-isu terkait STEM, Memahami karakteristik fitur-fitur disiplin STEM sebagai bentukbentuk pengetahuan penyelidikan serta desain yang sesuai manusia, Kesadaran disiplin-disiplin STEM membentuk lingkungan material,intelektual dan kultiral.

Pendekatan STEAM kepanjangan dari kata "sains", "teknologi", "engenering", "seni", dan "matematika" adalah terobosan baru dalam dunia pendidikan yang dapat menjawab masalah ini. Pendekatan STEAM adalah pendekatan pembelajaran yang dapat menghubungkan kehidupan seharihari dengan biologi untuk meningkatkan keterampilan literasi sains siswa. STEAM muncul dan berfungsi setelah konsep STEM (Sains, Teknologi, Engeenering, dan Matematik) didefinisikan pertama kali. Kemudian ada penambahan disiplin ilmu seni (arts) ke dalam STEM, yang menciptakan STEAM (Nurhikmayati et al., 2019).

STEAM merupakan sebuah pendekatan pembelajaran yang memberikan siswa kesempatan untuk memperluas pengetahuan, sains, dan humaniora sehingga mereka dapat mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk hidup di abad 21. Kemampuan komunikasi kemampuan berpikir kritis,kreativitas,kerja tim dan lainnya adalah contoh keterampilan abad 21. Untuk bersaing diera abad 21 ini,keterampilan harus sangat bermanfaat untuk mendukung perkembangan zaman yang terus berubah (Mu'minah et al., 2020).

Pendekatan STEAM adalah pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang memiliki tahapan. Pembelajaran STEAM terdiri dari empat tahap: pikir, desain, buat, dan uji (PDBU), menurut Suwarma (2014:25). Metode STEAM sangat cocok untuk diterapkan dalam kombinasi dengan kurikulum bebas belajar. Permendiknas no 22 tahun 2006 menetapkan bahwa mata pelajaran ilmu pengetahuan dan teknologi akan membantu siswa belajar berpikir ilmiah secara kritis, kreatif, dan mandiri. Pendekatan STEAM memungkinkan siswa untuk menemukan masalah dengan menganalisis peristiwa yang terjadi di lingkungan mereka,mengolah data, dan menyampaikan informasi yang mereka pelajari. Mereka juga dapat menemukan solusi untuk masalah mereka tersebut (Anwari et al., 2015).

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti yaitu, penambahan aspek Religion (agama) dalam pembelajaran berbasis STEAM. Pendekatan STREAM mengikuti perspektif STEM dengan mengintegrasikan aspek

Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics dalam lingkaran *science* (Agustina et al., 2019). Pendekatan ini merupakan pendekatan STEAM yang dikembangkan menjadi STREAM dengan menambahkan aspek religion (R) atau agama.

Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa pembelajaran tentang agama bermanfaat bagi pendidikan dalam beberapa cara (Astatke et al., 2024). Pertama, meningkatkan pemahaman budaya dan meningkatkan tingkat kompetensi budaya siswa (Edwards & Ritchie, 2022).

Meta-analisis hadir untuk menyintesis, mengompilasi, dan menganalisis data kualitatif/kuantitatif dari 20 skripsi primer (periode 2019–2025) secara sistematis. Dengan menghitung ukuran efek (*effect size*) menggunakan *Cohen's d* dan *Hedges' g*, penelitian ini mampu membuktikan secara objektif bahwa perlakuan interaktif tersebut secara kumulatif memiliki nilai dampak gabungan (*pooled effect size*) yang sangat besar ($g = 1{,}34$) (Isnaeni, 2026).

Pendekatan STREAM juga mengandung aspek *religion* (R) karena nilai- nilai *religion* pada saat ini menjadi acuan dan tuntutan abad 21 untuk menciptakan manusia yang unggul .Pentingnya pengintegrasian aspek religion juga berkaitan dengan rumusan kompetensi inti (KI) 1 dalam kurikulum 2013 untuk menciptakan generasi yang unggul dalam IPTEK dengan berlandaskan nilai-nilai spiritual (Permendikbud et al., 2018).

Metode STREAM, seperti metode STEM, menekankan evaluasi kinerja produk). Oleh karena itu, pendekatan STREAM difokuskan pada membuat barang dengan konten yang digunakan. Produk yang dibuat adalah bentuk pemecahan masalah yang didasarkan pada masalah dunia nyata (Anwari et al., 2015).

Teknik meta-analisis merupakan pendekatan penelitian kuantitatif yang melibatkan penggunaan studi yang telah ada dan dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya. Metode ini digunakan untuk menganalisis tren umum dan variasi

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

dalam hasil studi yang telah dilakukan, serta untuk mengoreksi kesalahan yang mungkin terdapat dalam penelitian tersebut (Little et al., 2008).

Meta-analisis adalah metode analisis atau telaah yang menggunakan teknik statistika. Penelitiannya didasarkan pada buku, jurnal, atau pustaka. Dengan menggunakan ukuran efek, meta-analisis diinterpretasikan. Size efek adalah ukuran signifikansi praktis hasil penelitian, yang menunjukkan seberapa besar korelasi atau perbedaan antara variabel. Melalui perhitungan *Effect Size* (ES), penelitian ini akan menghitung besarnya pengaruh intervensi pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM terhadap hasil belajar biologi secara menyeluruh. Dengan mensintesis data dari skripsi mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati rentang tahun 2019-2025, penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris yang berlaku umum (*generalizable*) serta menjadi rujukan bagi pendidik dalam merancang strategi pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21 (Dahlan et al., 2012).

Meskipun berbagai penelitian mengenai penerapan STEM, STEAM, dan STREAM telah dilakukan baik di dalam maupun luar negeri, hasil yang diperoleh masih beragam dan belum memberikan gambaran yang menyeluruh terkait efektivitasnya. Sebagian penelitian menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis namun sebagian lainnya melaporkan pengaruh yang relatif terbatas Hal ini menimbulkan kebutuhan untuk melakukan kajian komprehensif berupa meta-analisis agar diperoleh kesimpulan yang lebih objektif dan terukur mengenai besarnya pengaruh pendekatan tersebut terhadap pembelajaran Biologi Untuk mengatasi keberagaman hasil tersebut, diperlukan pengorganisasian data secara lebih sistematis melalui teknik meta-analisis. Meta-analisis bukan sekadar merangkum literatur secara deskriptif, melainkan sebuah pendekatan kuantitatif yang menggunakan teknik statistika untuk mengoreksi kesalahan penelitian dan menarik kesimpulan yang lebih objektif (Dahlan et al., 2012).

Dalam konteks pendidikan Biologi di SMA, ketiga pendekatan tersebut STEM, STEAM dan STREAM memiliki potensi besar karena berhubungan langsung dengan fenomena kehidupan nyata. Asesmen internasional seperti PISA menunjukan bahwa literasi sains dan kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih berada dibawah rata- rata negara OECD. Kondisi ini menurut adanya strategi pembelajaran yang lebih inovatif. Kondisi ini menuntut adanya pergeseran strategi pembelajaran dari metode konvensional menuju pendekatan yang lebih inovatif dan integratif. Pendekatan seperti STEM (integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika), STEAM (penambahan unsur seni), dan STREAM (penambahan aspek religi) dianggap efektif untuk membangun fondasi keterampilan tersebut karena menghubungkan fenomena kehidupan nyata dengan konsep biologi (OECD et al.,2019).

Dengan demikian, penelitian meta-analisis ini menjadi sangat penting untuk: Mengompilasi dan mengevaluasi berbagai temuan penelitian terdahulu, Memberikan bukti empiris mengenai efektivitas pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran Biologi SMA, serta menjadi rujukan bagi guru, peneliti, dan pengambil kebijakan pendidikan dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih inovatif dan relevan dengan kebutuhan abad 21. Berbagai studi mengenai penerapan STEM, STEAM, dan STREAM dalam pembelajaran sains telah banyak dilakukan, termasuk oleh mahasiswa di lingkungan UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Dari temuan-temuan penelitian tersebut menunjukkan hasil yang beragam atau mengalami inkonsistensi. beberapa penelitian melaporkan peningkatan signifikan pada keterampilan berpikir kritis, sementara penelitian lainnya melaporkan pengaruh yang relatif terbatas.

Perbedaan hasil ini sering kali dipengaruhi oleh variasi ukuran sampel, perbedaan materi biologi yang diajarkan, serta instrumen penelitian yang digunakan oleh masing-masing peneliti. Ketidakpastian efektivitas secara global ini menciptakan celah informasi yang perlu segera diatasi. (Dahlan et al., 2012) .

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada judul "Studi Meta-analisis Pada Pendekatan Pembelajaran STEM, STEAM,STREAM, Terhadap Hasil Belajar Biologi di Perpustakaan UIN Sunan Gunung Djati Bandung. (Studi Meta-analisis pada skripsi mahasiswa program studi Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung di Digital Library UIN Sunan Gunung Djati Bandung rentang tahun 2019-2025).

B. Rumusan Masalah

Berlandasan pada hasil latar belakang masalah yang telah diuraikan , maka dibuatlah rumusan masalah untuk dikaji pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana besaran dampak effect size pendekatan STEM, STEAM dan STREAM terhadap hasil belajar biologi secara umum ?
2. Bagaimana perbandingan hasil belajar dari pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM pada berbagai submateri Biologi yang diajarkan ?
3. Bagaimana kendala pembelajaran STEM, STEAM, dan STREAM terhadap hasil belajar biologi secara umum ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan,maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :.

1. Menganalisis besaran dampak effect size pendekatan STEM, STEAM dan STREAM terhadap hasil belajar biologi secara umum
2. Menganalisis perbandingan hasil belajar dari pendekatan STEM, STEAM, dan STREAM pada berbagai submateri Biologi yang diajarkan
3. Menganalisis kendala pembelajaran STEM, STEAM, dan STREAM terhadap hasil belajar biologi secara umum.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian merupakan kegunaan suatu hasil dari penelitian, baik untuk kepentingan pengembangan, praktik ataupun ilmu pengetahuan. Manfaat penelitian meta-analisis ini diantaranya:

1. Manfaat Teoritis

   Penelitian Studi Meta-analisis ini diharapkan memperkaya literatur terkait efektivitas Pendekatan stem,steam dan stream,terutama dalam konteks pembelajaran Biologi, dengan menampilkan ukuran efek dari penelitian terdahulu.

2. Manfaat Praktis

   Manfaat praktis adalah suatu kebermanfaatan penelitian yang dapat diimplementasikan atau dipraktikan secara langsung oleh peneliti, guru atau pembaca. Manfaat praktis diantaranya:

   a. Bagi Peneliti

      Sebagai suatu acuan untuk penelitian studi meta analisis terkait pengaruh model pembelajaran pendekatan stem, steam dan stream terhadap hasil belajar siswa

   b. Bagi Guru

      Hasil penelitian diharapkan dapat memotivasi guru untuk berinovasi di kelas dengan memperhatikan kecocokan tipe model stem, steam dan stream media dan materi yang akan dipelajari oleh siswa.

   c. Bagi Pembaca

      Diharapkan penelitian ini bisa menambah wawasan untuk pembaca atau peneliti yang ingin meneliti lebih lanjut terkait model pembelajaran pendekatan stem, steam dan stream pada hasil belajar siswa dan dapat menemukan fakta-fakta baru yang tidak ditemukan di penelitian ini.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

E. Kerangka Berpikir

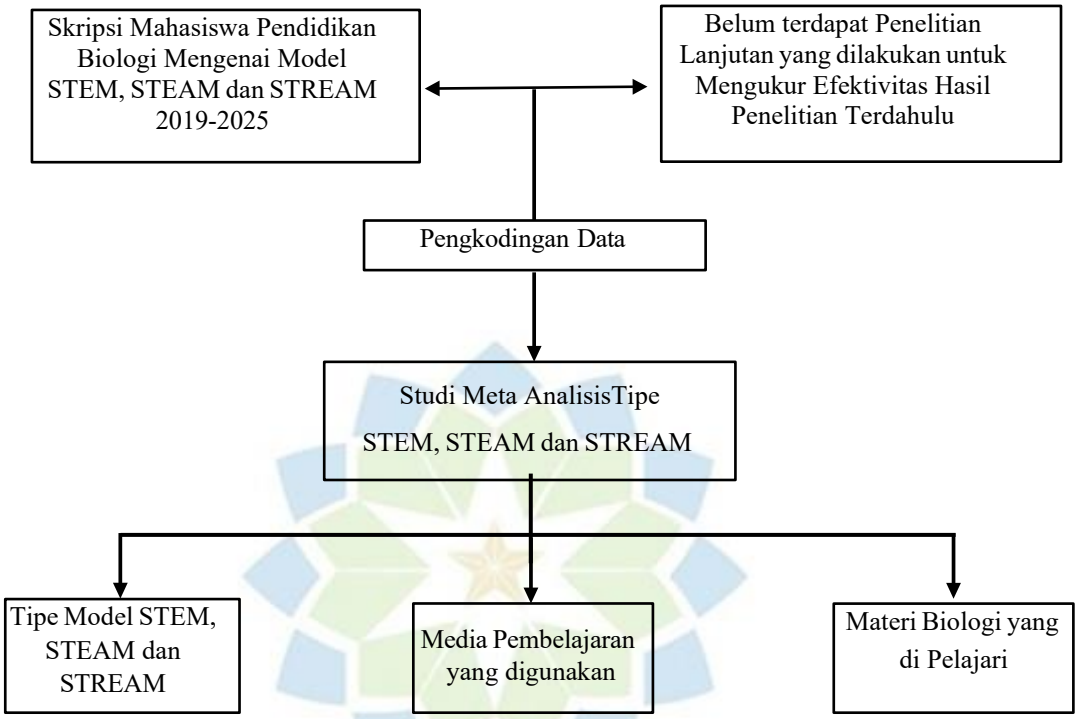
Meta-analisis bersifat kuantitatif karena pada proses analisisnya menggunakan perhitungan statistika yang menyusun, merangkum dan mengoreksi temuan empiris untuk mendapatkan perkiraan yang lebih tepat dari hubungan antara variabel untuk mengkompilasi beberapa penelitian dan kemudian menganalisisnya. Penelitian meta-analisis untuk mengetahui efektivitas dari hasil penelitian terdahulu dengan menghitung *effect size* untuk melihat besar pengaruh yang ditimbulkan setelah penerapan pendekatan stem, steam dan stream pada hasil belajar biologi siswa berdasarkan penelitian terdahulu (Little et al., 2008).

Meta-analisis mengakumulasi berbagai hasil dari penelitian-penelitian terdahulu secara kuantitatif berdasarkan data primer yang didapatkan. Fungsi metode ini untuk melakukan pembuktian terhadap pengaruh atau efektivitas intervensi berdasarkan fakta, tujuan meta-analisis, implikasi terhadap kajian yang dilakukan, terkait model apa yang digunakan untuk menganalisa data, sensitivitas yang dipakai dan hasil yang dapat disimpulkan.

Langkah-langkah meta-analisis menurut Cooper (2010) pada Zheng (2016: 190) yaitu:

Menentukan rumusan masalah dan kriteria pemilihan studi, Mengumpulkan literatur relevan, Melakukan pengkodean data penelitian, termasuk informasi identitas peneliti, tahun, judul, tipe pendekatan, media pembelajaran, serta materi biologi yang digunakan, Menghitung effect size dari setiap penelitian, Menganalisis perbedaan pengaruh berdasarkan variasi pendekatan, media, dan materi. Menarik kesimpulan terkait efektivitas masing-masing pendekat. Berikut merupakan visualisasi skema kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran dibawah ini:

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG



Gambar 1. 1. Kerangka Berpikir

Pada tahapan awal yaitu menentukan variabel bebas dan terikat. Pada penelitian ini variabel bebas yaitu pendekatan stem, steam dan stream dan variabel terikat yaitu hasil belajar biologi siswa. Selanjutnya merumuskan kriteria penelitian yaitu, merupakan skripsi mahasiswa Pendidikan Biologi UIN Sunan Gunung Djati, penelitian berorientasi pada model pendekatan stem, steam dan stream skripsi dipublikasikan pada rentang waktu 2019 hingga 2025.

Tahapan pelaksanaan studi meta analisis diantaranya:

1. Mengumpulkan penelitian dan mengekstrak penelitian yang mencakup identitas peneliti (nama, Nomor Induk Mahasiswa (NIM), tahun dan judul penelitian).
2. Sasaran (tipe yang digunakan stem, steam dan stream, media dan materi pembelajaran).

3. Metodologi (desain penelitian, teknik statistik dan sampel yang diterapkan).
4. Menghitung besar pengaruh atau *effect size*.
5. Menganalisis *effect size* dengan menghitung rerata/mean dan standar deviasi.
6. Menganalisis korelasi intervensi tipe model pendekatan stem, steam dan stream pada materi yang dipelajari dan media pembelajaran dengan pendekatan stem, steam dan stream
7. Menarik kesimpulan.

   Tahap analisis data, peneliti menganalisis *effect size* pada semua intervensi yaitu tipe pendekatan stem, steam dan stream yang digunakan pada masing-masing penelitian, penerapan media dan materi pembelajaran.

F. Hasil Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa hasil penelitian yang relevan yang dijadikan sebagai bahan telaah bagi peneliti :

1. Utami et al. (2026) melakukan meta-analisis terhadap 20 penelitian tahun 2021-2026 dan menemukan bahwa model pembelajaran berbasis STEM memiliki pengaruh positif signifikan terhadap hasil belajar biologi siswa, dengan ukuran efek besar hingga sangat besar (ES > 0.8). Pendekatan ini terbukti meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman konsep biologis secara substansial dibandingkan metode konvensional.
2. Mulyono et al. (2025) melalui studi kasus kuantitatif di SMAN 3 Palangka Raya menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM menghasilkan peningkatan minat belajar dan skor hasil belajar biologi siswa, dengan selisih pretest-posttest sebesar 17,8 poin dan ukuran efek Cohen's d = 0,84 (kategori besar). Temuan ini mengindikasikan efektivitas STEM dalam mengoptimalkan proses kognitif siswa.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

3. Pratama et al. (2025) dalam meta-analisisnya menyimpulkan bahwa pendekatan STEM secara signifikan meningkatkan hasil belajar biologi sekaligus keterampilan abad 21 siswa, dengan konsistensi efek positif pada berbagai konteks pembelajaran. Hasil ini menegaskan peran STEM sebagai intervensi pedagogis yang holistik.
4. Eduscope Team et al. (2023) menganalisis 20 sumber literatur dan menemukan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran biologi secara efektif meningkatkan hasil belajar, kemampuan berpikir kritis, literasi sains, serta kreativitas siswa. Studi ini menyoroti kontribusi STEM terhadap pengembangan kompetensi multidimensi.
5. Journal of Multidisciplinary et al. (2024) melalui meta-analisis menyatakan bahwa implementasi pendekatan STEM memberikan dampak positif signifikan terhadap hasil belajar biologi, dengan efek yang lebih kuat pada kelompok siswa dengan latar belakang akademik rendah. Temuan ini mendukung generalisasi STEM di tingkat sekolah menengah.
6. Ramadhanti et al. (2023) membuktikan bahwa pembelajaran biologi berbasis STEAM dengan model design thinking secara signifikan mengurangi beban kognitif intrinsik (ICL) siswa SMAN 6 Malang sekaligus meningkatkan hasil belajar mereka. Pendekatan ini menunjukkan keunggulan STEAM dalam mengelola proses belajar yang kompleks.
7. JURPERU et al. (2025) dalam literature review periode 2019-2023 menyimpulkan bahwa model STEAM efektif dalam meningkatkan hasil belajar biologi siswa, terutama melalui penguatan aspek seni dan reading dalam integrasi interdisipliner. Hasil ini relevan untuk adaptasi kurikulum berbasis STEAM.
8. Li et al. (2025) melalui systematic review dan meta-analisis menemukan bahwa pendidikan STEM secara keseluruhan meningkatkan learning outcomes siswa, termasuk pada mata pelajaran biologi, dengan efek moderat hingga besar pada

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

berbagai populasi. Studi ini memberikan bukti empiris global untuk konteks Indonesia.

9. IJHESS et al. (2024) dalam meta-analisis menunjukkan bahwa kombinasi STEM dengan project-based learning (PjBL) secara signifikan meningkatkan hasil belajar sains, khususnya biologi, dengan peningkatan rata-rata 15-20% dibandingkan pendekatan tradisional. Integrasi ini terbukti optimal untuk pengembangan keterampilan praktis.
10. Multidisiplineret al. (2024) menyimpulkan dari meta-analisisnya bahwa pendekatan STEM efektif meningkatkan hasil belajar biologi siswa melalui penguatan pemecahan masalah berbasis sains-teknologi. Temuan ini menekankan urgensi implementasi STEM di sekolah-sekolah negeri.

Berdasarkan telaah terhadap sepuluh penelitian terdahulu yang relevan (periode 2023–2026), diperoleh sebuah rekonstruksi konseptual mengenai efektivitas, dinamika mekanistik, serta perluasan dimensi kompetensi siswa sebagai dampak dari implementasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) maupun *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dalam pembelajaran Biologi. Hasil sintesis tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam empat pilar temuan utama sebagai berikut:

Secara konsisten, bukti empiris dari berbagai studi meta-analisis dan penelitian kuantitatif menunjukkan bahwa pendekatan STEM memberikan pengaruh positif yang signifikan dan masif terhadap capaian belajar biologi siswa. Utami et al. (2026) melalui meta-analisis terhadap 20 penelitian menemukan ukuran efek (effect size) yang berkisar pada kategori besar hingga sangat besar (ES > 0.8). Validitas temuan ini diperkuat oleh Li et al. (2025) yang memberikan bukti empiris global mengenai dampak moderat hingga besar pada berbagai populasi siswa. Secara spesifik pada konteks eksperimental di Indonesia, Mulyono et al. (2025) mencatat peningkatan skor kognitif yang substansial dengan selisih pretest-posttest mencapai 17,8 poin dan ukuran efek Cohen’s d = 0,84 (kategori

besar), yang mengonfirmasi bahwa intervensi STEM secara nyata mengoptimalkan proses kognitif di tingkat sekolah menengah.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa efektivitas STEM mencapai titik optimal ketika diintegrasikan dengan model pembelajaran aktif tertentu. IJHESS et al. (2024) membuktikan bahwa sinergi antara STEM dengan *Project-Based Learning* (PjBL) memicu peningkatan hasil belajar sains/biologi rata-rata sebesar 15–20% dibandingkan metode konvensional, sekaligus mempertajam keterampilan praktis siswa. Dari perspektif psikologi kognitif, keunggulan pendekatan interdisipliner ini dijelaskan oleh Ramadhanti et al. (2023), yang menemukan bahwa pembelajaran berbasis STEAM yang dikombinasikan dengan model design thinking mampu memitigasi hambatan belajar dengan mengurangi beban kognitif intrinsik (intrinsic cognitive load/ICL) secara signifikan. Pengelolaan proses berpikir yang kompleks ini pada gilirannya berimplikasi langsung pada peningkatan retensi pemahaman dan hasil belajar siswa.

Dampak instruksional dari orientasi STEM/STEAM tidak lagi terbatas pada dimensi kognitif linier, melainkan meluas pada pembentukan kapabilitas holistik. Pratama et al. (2025) menegaskan peran STEM sebagai intervensi pedagogis holistik yang secara simultan meningkatkan hasil belajar biologi dan keterampilan Abad 21 pada berbagai konteks pembelajaran. Eduscope Team et al. (2023) merinci kompetensi multidimensi tersebut meliputi peningkatan kemampuan berpikir kritis, literasi sains, serta kreativitas. Esensi pemecahan masalah (problem-solving) yang menjadi inti dari STEM diidentifikasi oleh Multidisipliner et al. (2024) sebagai penggerak utama (driving force) di balik efisiensi pembelajaran, di mana siswa dilatih menghadapi tantangan biologi berbasis sains-teknologi secara real.

Salah satu temuan krusial terkait aspek sosiologis pembelajaran dikemukakan oleh Journal of Multidisciplinary et al. (2024), yang menyatakan bahwa implementasi STEM memberikan efek yang jauh lebih kuat pada kelompok siswa dengan latar belakang akademik rendah. Karakteristik inklusif ini memberikan

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

dasar justifikasi yang kuat untuk melakukan generalisasi dan standardisasi implementasi STEM di sekolah menengah negeri. Lebih lanjut, evolusi STEM menjadi STEAM terbukti memberikan kedalaman baru pada proses adaptasi kurikulum. JURPERU et al. (2025) menggarisbawahi bahwa efektivitas pembelajaran biologi meningkat secara substansial melalui penguatan aspek seni (arts) dan membaca/literasi (reading) sebagai jembatan interdisipliner, yang membuat konsep biologi yang abstrak menjadi lebih humanis dan mudah diinternalisasi.

Sebagai sintesis dari sepuluh penelitian terdahulu menegaskan bahwa pendekatan STEM dan STEAM bukan sekadar alternatif metodologis, melainkan sebuah kebutuhan paradigma baru dalam pendidikan Biologi abad ke-21. Pendekatan ini secara empiris terbukti sahih dalam:

1. Menghasilkan ukuran efek besar (large effect size) pada capaian kognitif siswa.
2. 2.Mereduksi beban kognitif intrinsik (intrinsic cognitive load) melalui kerangka kerja interdisipliner yang kontekstual.
3. Menumbuhkan kompetensi abad 21 secara multidimensi (berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, dan pemecahan masalah).
4. Menawarkan inklusivitas instruksional yang efektif bagi kelompok siswa dengan variasi latar belakang akademik.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG